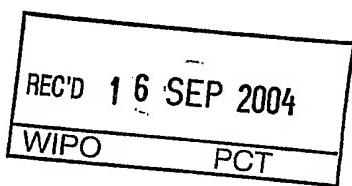


**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 57 654.1

Anmeldetag: 10. Dezember 2003

Anmelder/Inhaber: DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH,
83301 Traunreut/DE

Bezeichnung: Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme

IPC: G 01 B, G 01 D, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Stremme".

A simple line drawing of a circular object with a central vertical axis and some internal lines, possibly representing a technical component.

Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme

Die Erfindung betrifft einen Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme. Solche Abtastköpfe dienen dazu, von einem Maßstabsgitter moduliertes Licht ortsaufgelöst zu detektieren und entsprechende Signale zwecks Bestimmung der Lage des Abtastkopfes relativ zum Maßstab bereit zu stellen.

Positionsmeßsysteme spielen in der zunehmend automatisierten Welt eine immer wichtigere Rolle. Sie liefern die Grundlage für exaktes Positionieren von Antrieben in vielen Anwendungen, z.B. im Bereich der Werkzeugmaschinen. Die hier beschriebenen optischen

10 Positionsmeßsysteme beruhen auf der Abtastung eines Maßstabes, der eine Maßverkörperung in Form eines Strichgitters aufweist. Der hierzu verwendete Abtastkopf enthält eine Lichtquelle, von der aus Licht über ein Sendegitter auf die Maßstabsteilung fällt. Dieses Licht weist nach der Wechselwirkung mit dem Sendegitter und dem Maßstabsgitter ein

15 räumliches Intensitätsmuster auf, das im Abtastkopf mittels eines Empfangsgitters detektiert und zur Positionsbestimmung verwendet werden kann.

Hierzu ist es bereits bekannt, einen Photodetektor aus mehreren photoempfindlichen Bereichen zu bilden. Diese photoempfindlichen Bereiche werden im Abtastkopf so angeordnet, daß sie unterschiedliche Phasen des Intensitätsmusters erfassen und entsprechende elektrische
5 Ausgangssignale liefern können. Die einzelnen, regelmäßig angeordneten photoempfindlichen Bereiche bilden dabei ein Empfangsgitter.

Vorzugsweise werden vier um jeweils 90 Grad gegeneinander versetzte Signale erzeugt, aus denen sich in einer Folgeelektronik richtungsbehaftete Zählsignale ableiten lassen. Bei einer Verschiebung des Maßstabes relativ
10 zum Abtastkopf ändern sich nämlich die einzelnen phasenverschobenen Signale positionsabhängig.

Üblicherweise werden aus den erwähnten vier Ausgangssignalen zunächst zwei um 90 Grad gegeneinander verschobene, von Offset-, Amplituden- und Phasenfehlern befreite Signale synthetisiert, die sich für eine feinere
15 Unterteilung bzw. Interpolation eignen. Die richtungsbehafteten Zählsignale können damit eine wesentlich feinere Positionsbestimmung erlauben als es z.B. durch das Zählen der Maxima und / oder Minima des Intensitätsmusters an den photoempfindlichen Bereichen des Abtastkopfes möglich wäre.

Aus weiter unten geschilderten Gründen ist es vorteilhaft, wenn die
20 einzelnen photoempfindlichen Bereiche möglichst nahe beieinander liegen. Der Einsatz von diskreten Bauteilen wie Photodioden begrenzt hier die mögliche Miniaturisierung der Photodetektoren. Es wurden daher bereits strukturierte Photodetektoren realisiert, die mit herkömmlichen Prozeßschritten aus der Mikroelektronik die Herstellung strukturierter,
25 photoempfindlicher Bereiche auf einem einzigen Halbleitersubstrat erlauben.

Wegen der geringen Neigung zum Übersprechen zwischen den einzelnen photoempfindlichen Bereichen bietet sich dabei vor allem das technologisch gut beherrschbare amorphe Silizium (a-Si) an, dessen Einsatz zur Wandlung von Licht in elektrischen Strom z.B. aus dem Bereich der Solarzellen
30 bekannt ist.

- Die DE 10129334 A1 beschreibt ein optisches Positionsmeßsystem mit einer Lichtempfangsanordnung basierend auf dem oben beschriebenen Prinzip. Die photoempfindlichen Bereiche zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage sind als
- 5 Empfangsgitter in Form mehrerer Halbleiterschichtstapel aus dotiertem und undotiertem amorphen Silizium aufgebaut. Der Aufbau des strukturierten Detektors ist jedoch sehr komplex, so daß auch das Verfahren zu seiner Herstellung aufwändig ist.
- Aufgabe der Erfindung ist es, einen gegenüber dem Stand der Technik vereinfachten Abtastkopf für ein optisches Positionsmeßgerät zu schaffen, der möglichst gute Signale zur Positionsbestimmung liefert.
- 10 Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruches 1. Vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Merkmalen, die in den von Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen aufgeführt sind.
- 15 Es wird ein Abtastkopf für ein optisches Positionsmeßsystem beschrieben, mit einem aus photoempfindlichen Bereichen gebildeten Empfangsgitter zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage. Das Empfangsgitter ist aus einem Halbleiterschichtstapel,
- 20 bestehend aus einer dotierten p-Schicht, einer intrinsischen i-Schicht und einer dotierten n-Schicht gebildet. Die einzelnen photoempfindlichen Bereiche haben eine erste dotierte Schicht und zumindest einen Teil intrinsischen Schicht gemeinsam und sind durch Unterbrechungen der zweiten dotierten Schicht elektrisch voneinander getrennt.
- 25 Es wurde nämlich einerseits erkannt, daß bereits die Trennung lediglich einer der dotierten Schichten zu einer ausreichenden elektrischen Trennung der einzelnen photoempfindlichen Bereiche führt. Ein für die Zwecke der Positionsbestimmung nachteiliges Übersprechen zwischen Bereichen unterschiedlicher Phasenlage tritt schon bei sehr geringen Abständen der
- 30 einzelnen Bereiche zueinander nicht mehr auf.

Andererseits vermeidet ein solcher Schichtaufbau auch ein anderes, im Stand der Technik beschriebenes Problem. Trennt man nämlich die photoempfindlichen Bereiche auch durch Auftrennen der intrinsischen Schicht (und evtl. auch der zweiten dotierten Schicht), so bilden sich tiefe
5 Gräben, die sich Ätztechnisch nur schwer beherrschen lassen. Ätzdefekte im Bereich der intrinsischen Schicht können außerdem für Störstellen im Halbleitermaterial sorgen, wodurch die photoelektrischen Eigenschaften der einzelnen photoempfindlichen Bereiche sehr negativ beeinflußt werden.

Als Halbleitermaterial eignet sich besonders gut amorphes Silizium, es sind
10 aber auch Halbleiterschichtstapel denkbar, die ganz oder teilweise mikrokristallines Silizium enthalten.

Weitere Merkmale wie die Anordnung des Sendegitters im Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters, eine annährend elliptische oder ovale Form des Empfangsgitters, das senkrecht zur Meßrichtung eine
15 größere Ausdehnung hat als parallel dazu, sowie die Gewinnung von phasenverschobenen Signalen aus jeweils einer einzigen Periode des modulierten Lichtes am Empfangsgitter führen zu einer Optimierung der gewonnenen Abtastsignale und damit zu einer verbesserten Interpolationsfähigkeit und so letztlich zu einer höheren Auflösung des
20 optischen Positionsmeßsystems.

Der Aufbau des Abtastkopfes, und insbesondere des Empfangsgitters mit seinen photoempfindlichen Bereichen, erlaubt auf sehr elegante Weise solche Optimierungen im Layout des strukturierten Detektors.

Weitere Vorteile sowie Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich
25 aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen anhand der Figuren. Dabei zeigen die

Figuren 1a/b/c ein optisches Positionsmeßgerät,

Figuren 2a/b/c/d/e Ausgestaltungen eines Zweifeldsensors, und

Figuren 3a/b/c/d Ausgestaltungen eines Einfeldsensors.

- Figur 1a zeigt einen Maßstab 2, der auf einem Substrat 2.1 ein optisches Gitter trägt, das hier auch als Maßstabsteilung 2.2 bezeichnet werden soll. Eine solche Maßstabsteilung 2.2 kann beispielsweise als Amplitudengitter mit lichtundurchlässigen Stegen aus Chrom und lichtdurchlässigen Lücken
- 5 in der Chrombeschichtung bestehen. Dabei kann das Substrat 2.1 lichtdurchlässig, oder wie im dargestellten Fall, reflektierend ausgebildet sein. Andere Maßstäbe 2 können auch ein Phasengitter oder eine Kombination aus Phasen- und Amplitudengittern aufweisen.
- Dem Maßstab gegenüber angeordnet ist ein Abtastkopf 1. Der Abtastkopf 1 enthält eine Lichtquelle 1.6, deren Licht über ein Sendegitter 1.5 auf den Maßstab 2 fällt, dort reflektiert und zum Abtastkopf 1 zurückgelenkt wird. Nach der Wechselwirkung mit dem Sendegitter 1.5 und der Maßstabsteilung 2.2 weist das Licht ein örtliches Intensitätsmuster mit regelmäßiger Periode auf. Dieses Intensitätsmuster wird mittels eines Empfangsgitters 1.7 mit einer Teilungsperiode T detektiert. Dabei dient das Empfangsgitter 1.7 selbst 10 als strukturierter Photodetektor zur Detektion des Intensitätsmusters.
- Das Empfangsgitter 1.7 weist nämlich einen strukturierten Halbleiterschichtstapel 1.2 auf, der einfallendes Licht in elektrischen Strom umwandelt. Dabei wird um so mehr Strom erzeugt, desto mehr Licht auf den 15 Halbleiterschichtstapel 1.2 fällt.
- Figur 1b zeigt einen vergrößerten Ausschnitt der Figur 1a. Man erkennt das Substrat 1.1, auf dem eine durchsichtige Elektrode 1.3 angeordnet ist, die wiederum den Halbleiterschichtstapel 1.2 trägt. Dieser weist - in der Reihenfolge des Lichtdurchgangs - eine erste dotierte (hier p-dotierte), 20 Schicht 1.2.1 (p-Schicht), dann eine intrinsische Schicht 1.2.2 (i-Schicht), und schließlich eine zweite dotierte (hier n-dotierte) Schicht 1.2.3 (n-Schicht) auf. Der n-Schicht 1.2.3 folgt ein elektrischer Rückseitenkontakt 1.4. Prinzipiell ließen sich die p-Schicht 1.2.1 und die n-Schicht vertauschen, bevorzugt ist jedoch der in der Figur 1b gezeigte Aufbau.
- 30 Die das Empfangsgitter 1.7 bildenden photoempfindlichen Bereiche sind voneinander dadurch getrennt, daß die n-Schicht 1.2.3 zusammen mit den

Rückseitenkontakte 1.4 dort unterbrochen sind, wo eine Trennung der einzelnen photoempfindlichen Bereiche zur Detektion des Intensitätsmusters vorgesehen ist. Nur im Bereich der Rückseitenkontakte 1.4 wird im Halbleiterschichtstapel 1.2 bei Beleuchtung Strom erzeugt, die
5 Rückseitenkontaktierung 1.4 definiert daher das Empfangsgitter 1.7.

Wie in der Figur 1b zu erkennen ist, kann die Strukturierung der Rückseitenkontaktierung 1.4 und der n-Schicht 1.2.3 in einem einzigen Lithographieschritt und je einem Ätzschritt für die Rückseitenkontakte 1.4 und den Halbleiterschichtstapel 1.2 erfolgen. Als Ätzverfahren für den
10 Halbleiterschichtstapel 1.2 kommen dabei Naßätzverfahren (z.B. KOH-Lösung), bevorzugt aber Trockenätzverfahren (z.B. RIE mit CHF₃-Gas) in Frage. Solche Verfahren sind in der Mikroelektronik weit verbreitet und stehen daher problemlos zur Verfügung.

Figur 1c, eine weitere Ausschnittsvergrößerung der Figur 1b, zeigt ein Detail
15 des Halbleiterschichtstapels 1.2. Um sicher zu gehen, daß die n-Schicht 1.2.3 vollständig unterbrochen wird (dies ist eine absolut notwendige Anforderung, um die einzelnen photoempfindlichen Bereich zu trennen), ist es notwendig, den Ätzprozeß so einzustellen, daß zumindest ein kleiner Teil
20 der i-Schicht 1.2.2 ebenfalls entfernt wird. Andererseits muß zumindest ein kleiner Teil der i-Schicht 1.2.2 stehen bleiben, um sicher eine elektrische Verbindung zwischen der p-Schicht 1.2.1 und der n-Schicht 1.2.3 zu verhindern.

Der Schichtaufbau im Bereich des Empfangsgitters 1.7 könnte also z.B. wie folgt aussehen: Auf einem Glassubstrat 1.1 von ca. einem Millimeter Dicke
25 ist eine 0.3 - 1 µm dicke Schicht von ZnO:Al aufgetragen, die sich gut als durchsichtige Elektrode 1.3 eignet. Es folgt der Halbleiterschichtstapel 1.2 mit einer p-Schicht 1.2.1 von ca. 10 nm, einer i-Schicht 1.2.2 von ca. 400nm und einer n-Schicht 1.2.3 von ca. 20 nm Dicke. Die Rückseitenkontakte 1.4 bestehen aus einer ca. 80nm dicken metallischen Schicht, beispielsweise
30 aus Chrom oder Aluminium. Diese metallische Schicht ist gemeinsam mit der n-Schicht 1.2.3 an geeigneten Stellen zur Trennung der einzelnen photoempfindlichen Bereiche vollständig entfernt.

Durch den zur Trennung der photoempfindlichen Bereiche angewandten Ätzprozeß wird auch die i-Schicht 1.2.2 um ca. 40 nm abgetragen, um eine möglichst sichere Trennung der n-Schichten 1.2.3 zu erzielen. Dies ist notwendig, da die einzelnen Schichten nicht völlig homogen bezüglich ihrer
5 Dicke sind, und es außerdem keinen scharf begrenzten Übergang im Dotierprofil des Halbleiterstapels 1.2 gibt, insbesondere zwischen der i-Schicht 1.2.2 und der n-Schicht 1.2.3. Es ist in diesem Zusammenhang zu erwarten, daß zwischen den photoempfindlichen Bereichen 3 eine Restdicke von 5% - 95%, besser 10%-90% der ursprünglichen Dicke der i-Schicht
10 1.2.2 zu guten Ergebnissen führt. Da kürzere Ätzzeiten aus fertigungstechnischer Sicht zu bevorzugen sind, und bei größerer Restdicke der i-Schicht 1.2.2 Probleme mit Defekten am freigelegten Rand der i-Schicht 1.2.2 vermieden werden, sind von den angegebenen Bereichen jeweils eher die Obergrenzen (also ca. 95% bzw. ca. 90%) zu bevorzugen. Für die
15 genannte Schichtdicke von 400nm innerhalb der photoempfindlichen Bereiche 3 wird also eine Restdicke von ca. 360nm für die i-Schicht 1.2.2 als optimal angesehen.

Es soll nun betrachtet werden, in welchem Abstand die einzelnen photoempfindlichen Bereiche angeordnet werden können, um die gewünschten phasenverschobenen Signale zu erhalten. Dieser Abstand entspricht der Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7. Die Periode des Intensitätzmusters des auf das Empfangsgitter 1.7 eingestrahlten Lichtes sei P. In Abtastköpfen 1 mit als Empfangsgitter 1.7 ausgebildeten photoempfindlichen Bereichen muß wegen der Gefahr des Übersprechens zwischen den photoempfindlichen Bereichen die Teilungsperiode T größer als die Periode P gewählt werden. Werden vier um 90 Grad phasenverschobene Signale gewünscht, so muß hier gelten
20
25

$$T = (2 * n - 1) * 1/4 * P \quad (n \text{ ist eine ganze Zahl größer oder gleich drei}).$$

Für eine Periode P = 40µm des Intensitätzmusters des eingestrahlten Lichtes ergibt sich so eine Teilungsperiode T von mindestens 50µm. Die einzelnen phasenverschobenen Signale werden daher aus vier unterschiedlichen Perioden des Intensitätzmusters gewonnen - und damit
30

auch aus unterschiedlichen Bereichen der Maßstabsteilung 2.2. Diese Art von strukturiertem Detektor sei daher als Vierfeldsensor bezeichnet. Dieser hat den Nachteil, daß sich Verschmutzungen auf dem Maßstab auf phasenverschobene Signale nicht gleichzeitig, sondern in der Phase 5 versetzt auswirken. Dies hat Ungenauigkeiten bei der Auswertung der phasenverschobenen Signale zur Folge.

Es ist daher besser, phasenverschobene Signale innerhalb einer Periode P des Intensitätsmusters am Empfangsgitter 1.7 abzutasten. Eine Möglichkeit hierzu stellt der Zweifeldsensor dar, der in den Figuren 2a - 2e dargestellt ist.

- 10 In Figur 2a sind schematisch die photoempfindlichen Bereiche 3 zu erkennen, deren Aufbau anhand der Figuren 1a - 1c bereits ausführlich dargestellt wurde. Diese photoempfindlichen Bereiche sind auf dem Substrat 1.1 angeordnet. Das Intensitätsmuster L mit der Periode P ist schematisch dargestellt, ebenso die Meßrichtung M. Man erkennt, daß nun innerhalb einer Periode P sowohl ein 0-Grad Signal als auch ein 180-Grad Signal 15 abgegriffen werden. Benachbarte photoempfindliche Bereiche liefern 180 Grad phasenverschobene Signale, wenn die Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7 der Hälfte der Periode P des einfallenden örtlich modulierten Intensitätsmusters L entspricht.
- 20 Es gilt

$$T = 1/2 * P.$$

Verschmutzungen auf dem Maßstab 2 werden sich somit auf beide phasenverschobenen Signale auswirken.

- Figur 2b zeigt, wie die photoempfindlichen Bereiche 3 durch Leiterbahnen 4 25 miteinander verbunden werden können, um mehrere 0-Grad Signale und mehrere 180-Grad Signale zu einem stärkeren Ausgangssignal zu vereinigen. Dabei entsteht jeweils eine Kammstruktur. Diese Kammstrukturen greifen ineinander ein, so daß sich jeweils photoempfindliche Bereiche 3 für 0-Grad Signale und photoempfindliche 30 Bereiche 3 für 180-Grad Signale abwechseln. Wie man in Figur 2b erkennen

kann, läßt sich eine solche Struktur ohne überkreuzte Leiterbahnen 4 herstellen.

Figur 2c zeigt, wie mittels vier Kammstrukturen, von denen jeweils zwei entsprechend Figur 2b verzahnt sind, vier um jeweils 90-Grad
5 phasenverschobene Signale gewinnen lassen. Da jedoch zwei unterschiedliche Bereiche des Intensitätsmusters am Empfangsgitter 1.7 abgetastet werden, soll hier von einem Zweifeldsensor gesprochen werden.

Figur 2d zeigt eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung eines solchen Abtastkopfes 1 mit Zweifeldsensor. Im Zentrum des Zweifeldsensors ist das
10 Sendegitter 1.5 angeordnet. Unter "Zentrum" sei der Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters 1.7 zu verstehen. Das quadratische Sendegitter 1.5 ist dabei vollständig vom Empfangsgitter 1.7 umgeben, um das Intensitätsmuster L möglichst gut auszunützen. Die Gitterstriche von Sendegitter 1.5 und Empfangsgitter 1.7 stehen senkrecht auf der
15 Meßrichtung M. Das Empfangsgitter 1.4 ist in vier Bereiche aufgeteilt. Von den beiden inneren Bereichen, die unmittelbar an das Sendegitter 1.5 grenzen, dient einer der Gewinnung von 0-Grad / 180-Grad Signalen, das andere der beiden der Gewinnung von 90-Grad / 270-Grad Signalen. An den inneren 0-Grad / 180-Grad Bereich grenzt vom Sendegitter 1.5 abgewandt
20 ein weiterer 90-Grad / 270-Grad Bereich. An den inneren 90-Grad / 270-Grad Bereich grenzt vom Sendegitter 1.5 abgewandt ein weiterer 0-Grad / 180-Grad Bereich. Diese zur Meßrichtung antisymmetrische Anordnung stellt sicher, daß die vier phasenverschobenen Signale mit vergleichbarer Intensität aufgenommen werden.
25 Die äußere Form des gesamten Empfangsgitters 1.7, das sich aus den erwähnten vier Bereichen zusammensetzt, ist als Rechteck mit abgeschrägten Ecken einem Oval bzw. einer Ellipse angenähert, deren größerer Durchmesser senkrecht zur Meßrichtung M liegt. Eine solche Form erlaubt eine besonders gute Ausnutzung des Intensitätsmusters L am
30 Empfangsgitter 1.7.

Die vier unterschiedlichen Bereiche des Empfangsgitters 1.7 nach Figur 2d sind durch verzahnte Kammstrukturen gemäß Figur 2c aufgebaut. Eine Ausschnittsvergrößerung der Figur 2d in Figur 2e macht dies deutlich. Auch dieser Zweifeldsensor, der sich in der Praxis als sehr tauglich erwiesen hat,
5 lässt sich daher ohne überkreuzte Leiterbahnen herstellen, was den Herstellungsprozeß einfach hält: Es ist lediglich eine einzige Metallisierungsebene nötig. Mit deren Strukturierung werden gleichzeitig die photoempfindlichen Bereiche 3 definiert.

Der beschriebene Zweifeldsensor hat den Vorteil, daß die Amplituden der 0-
10 Grad / 180-Grad Signale, bzw. die Amplituden der 90-Grad / 270-Grad Signale von etwaigen Verschmutzungen gleichzeitig und damit phasenrichtig betroffen sind. Der Tastverhältnisfehler wird dadurch reduziert und die Genauigkeit der Positionsbestimmung gegenüber einem Vierfeldsensor erhöht. Es gilt jedoch nicht, daß alle Amplituden der vier
15 phasenverschobenen Signale phasenrichtig von Verschmutzungen beeinträchtigt werden, so daß die Abtastung weiter verbessert werden kann.

Weiter optimierte Signale erhält man von einem hier als Einfeldsensor bezeichneten Abtastkopf 1. In Figur 3a ist dargestellt, daß in einem solchen Einfeldsensor jeweils vier phasenverschobene Signale aus einer einzigen
20 Periode P des Intensitätsmusters L gewonnen werden. Benachbarte photoempfindliche Bereiche liefern 90 Grad phasenverschobene Signale, wenn die Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7 einem Viertel der Periode P des einfallenden örtlich modulierten Intensitätsmusters L entspricht. Es gilt

25 $T = 1/4 * P.$

Aus der Ansicht in Figur 3b kann man erkennen, daß ein solcher Einfeldsensor nicht mehr ohne gekreuzte Leiterbahnen auskommt. Die photoempfindlichen Bereiche 3 tragen ja auf ihrer Rückseite einen Rückseitenkontakt 1.4, der nur an bestimmten Stellen an die Leiterbahnen 4 mittels Kontaktierungen 5 angeschlossen werden darf. Zwischen den photoempfindlichen Bereichen 3 und den Leiterbahnen 4 muß also eine

Isolationsschicht eingebracht werden, die nur bei den Kontaktierungen 5 unterbrochen ist. Die Kontaktierung 5 wird dann einfach dadurch gebildet, daß bei der Abscheidung der die Leiterbahnen 4 bildenden Metallschicht die Leiterbahnen 4 direkt in Kontakt mit den Rückseitenkontakten 1.4 kommen.

- 5 Es hat sich gezeigt, daß für einen Halbleiterschichtstapel 1.2 mit dem hier beschriebenen Aufbau ein Abstand A von $5\mu\text{m}$ sicher ausreicht, um ein Übersprechen zwischen den einzelnen photoempfindlichen Bereichen 3 zu vermeiden. Je nach Detektorgeometrie und Halbleitermaterial können aber auch, noch kleinere Abstände A im μm -Bereich zu funktionsfähigen
10 Abtastköpfen 1 führen. Der minimale Abstand A ist im Wesentlichen bestimmt durch die Diffusionslänge der Ladungsträger in der i-Schicht 1.2.2. Je geringer diese Diffusionslänge ist, desto kleiner kann der Abstand A sein. Nimmt man für intrinsisches amorphes Silizium eine Diffusionslänge von 50nm an, so sollte mit einem Abstand A von ca. 200nm kein Übersprechen
15 mehr auftreten. Da aber aus prozeßtechnischen Gründen (zunehmender Aufwand und steigende Defektempfindlichkeit für kleinere Strukturen) größere Abstände A zu bevorzugen sind, kann man als sinnvolle Untergrenze für den Abstand A ca. $1\mu\text{m}$ angeben.

- 20 Für eine Periode P = $40\mu\text{m}$ des intensitätsmodulierten Lichtes ergibt sich für den Vierfeldsensor eine Teilungsperiode T des Empfangsgitters 1.7 von $10\mu\text{m}$. Bei einem Abstand A = $5\mu\text{m}$ sind also die photoempfindlichen Bereiche 3 selbst nur noch $5\mu\text{m}$ breit.

- 25 Figur 3c zeigt eine konkrete Ausführungsform eines solchen Einfeldsensors. Wieder ist im Zentrum bzw. Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters 1.7 ein Sendegitter 1.5 angeordnet. Das Empfangsgitter 1.7, dessen Strichrichtung wie die des Sendegitters 1.5 wieder senkrecht zur Meßrichtung M verläuft, hat eine einer Ellipse angenäherte äußere Form, deren größerer Durchmesser senkrecht zur Meßrichtung M liegt. Nach Art der Figur 3b ist das Empfangsgitter 1.7 mit quer über dem Empfangsgitter 1.
30 7 liegenden Leiterbahnen 4 angeschlossen. Je vier solcher Leiterbahnen 4 sind beiderseits des Sendegitters 1.5 angeordnet, um so auch die durch das

Sendegitter 1.5 unterbrochenen photoempfindlichen Bereiche 3 vollständig kontaktieren zu können.

Eine alternative, und besonders für kleine Teilungsperioden T des Empfangsgitters 1.7 des Einfeldsensors zu empfehlende Variante der
5 Kontaktierung der photoempfindlichen Bereiche 3 zeigt Figur 3d. Am Rand des Empfangsgitters 1.7 sind die Gitterlinien mit Verdickungen versehen. Da jede zweite Gitterlinie verlängert ist, lassen sich diese Verdickungen etwa doppelt so breit ausführen wie die Gitterlinien selbst. Dies erleichtert das
10 Kontaktieren der photoempfindlichen Bereiche 3 mit den Leiterbahnen 4 über Kontaktierungen 5 erheblich. Wieder ist zu erkennen, daß sich ein solcher Einfeldsensor nicht ohne überkreuzte Leiterbahnen 4 herstellen läßt.

Es sei noch erwähnt, daß das Sendegitter 1.5 bevorzugt den gleichen Schichtaufbau wie die photoempfindlichen Bereiche 3 aufweist. Da für das Sendegitter 1.5 möglichst scharf definierte Kanten erwünscht sind, wird der
15 Halbleiterschichtstapel 1.2 in diesem Bereich vollständig durchgeätzt. Es ist aber auch möglich, das Sendegitter 1.5 in herkömmlicher Weise lediglich als strukturierte Metallschicht unmittelbar auf dem Substrat 1.1 auszubilden. In beiden Fällen ist es möglich, die Strukturierung des Sendegitters 1.5 und der
20 photoempfindlichen Bereiche 3 mit dem gleichen Lithographieschritt vorzunehmen.

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

9. Dezember 2003

Ansprüche

=====

1. Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme, mit einem Empfangsgitter (1.7) mit photoempfindlichen Bereichen (3) zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage, wobei das Empfangsgitter (1.7) einen Halbleiterschichtstapel (1.2) aus einer dotierten p-Schicht (1.2.1), einer intrinsischen i-Schicht (1.2.2) und einer dotierten n-Schicht (1.2.3) aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die photoempfindlichen Bereiche (3) eine erste der beiden dotierten Schichten (1.2.1) und zumindest einen Teil der intrinsischen Schicht (1.2.2) gemeinsam haben und durch Unterbrechungen einer zweiten der beiden dotierten Schichten (1.2.3) elektrisch voneinander getrennt sind.
5
10
2. Abtastkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschichtstapel (1.2) auf einem durchsichtigen Substrat (1.1) mit einer leitfähigen, ebenfalls durchsichtigen Elektrode (1.3) angeordnet ist, gefolgt von Rückseitenkontakten (1.4), so daß sich ein Schichtaufbau gemäß
15
17
20
25 ergibt.
- durchsichtiges Substrat (1.1)
- leitfähige Elektrode (1.3)
- erste dotierte Schicht oder p-Schicht (1.2.1)
- intrinsische Schicht (1.2.2)
- zweite dotierte Schicht oder n-Schicht (1.2.3)
- Rückseitenkontakt (1.4)
3. Abtastkopf nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die photoempfindlichen Bereiche (3) durch die Rückseitenkontakte (1.4) definiert sind.
25

4. Abtastkopf nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Substrat (1.1) ein Sendegitter (1.5) angeordnet ist.
5. Abtastkopf nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendegitter (1.5) im Flächenschwerpunkt des Empfangsgitters (1.7) angeordnet ist.
6. Abtastkopf nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Sendegitter (1.5) vollständig vom Empfangsgitter (1.7) umgeben ist.
7. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Form des Empfangsgitters (1.7) einer Ellipse angenähert ist, deren größerer Durchmesser senkrecht zur Meßrichtung (M) liegt.
- 10 8. Abtastkopf nach einem der Ansprüche 4 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß dem Sendegitter (1.5) eine Lichtquelle (1.6) zugeordnet ist.
9. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte photoempfindliche Bereiche (3) um 15 180 Grad phasenverschobene Signale abgeben.
10. Abtastkopf nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Teilungsperiode (T) des Empfangsgitters 1.7 der Hälfte einer Periode (P) eines einfallenden örtlich modulierten Intensitätzmusters (L) entspricht.
- 20 11. Abtastkopf nach einem der Ansprüche 1 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß benachbarte photoempfindliche Bereiche (3) um 90 Grad phasenverschobene Signale abgeben.
12. Abtastkopf nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Teilungsperiode (T) des Empfangsgitters 1.7 einem Viertel einer Periode (P) eines einfallenden örtlich modulierten Intensitätzmusters (L) entspricht.

13. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschichtstapel (1.2) aus amorphem Silizium gebildet ist.
14. Abtastkopf nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Restdicke der i-Schicht (1.2.2) zwischen den photoempfindlichen Bereichen (3) geringer ist als eine Dicke der i-Schicht (1.2.2) in den photoempfindlichen Bereichen (3).
5
15. Abtastkopf nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Restdicke der i-Schicht (1.2.2) im Bereich 5% - 95% der Dicke der i-Schicht (1.2.2) liegt.
10
16. Abtastkopf nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Restdicke der i-Schicht (1.2.2) im Bereich 10% - 90% der Dicke der i-Schicht (1.2.2) liegt.
17. Abtastkopf nach einem der Ansprüche 14 - 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Restdicke der i-Schicht (1.2.2) bei ca. 90% der Dicke der i-Schicht (1.2.2) liegt.
15

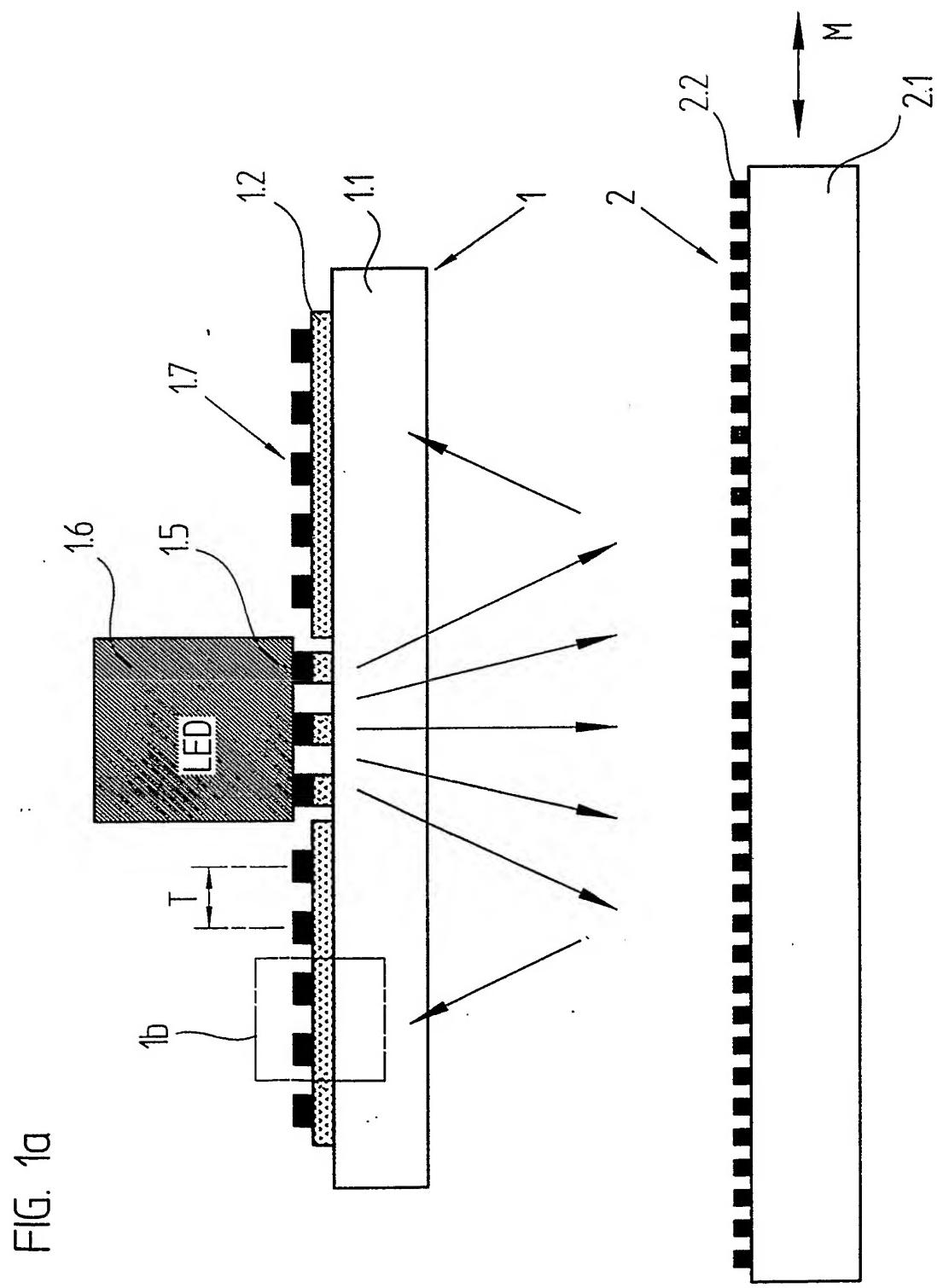


FIG. 1b

2/9

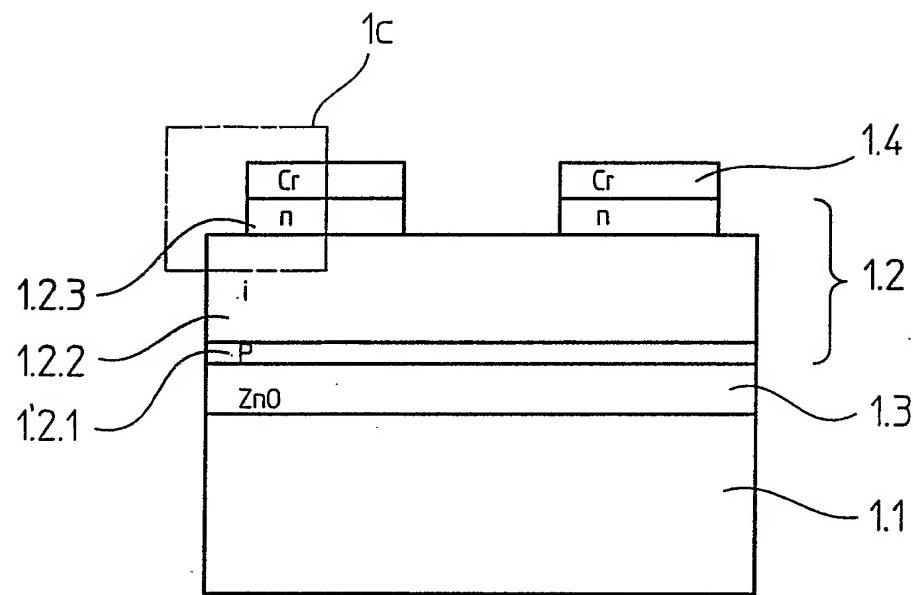


FIG. 1c

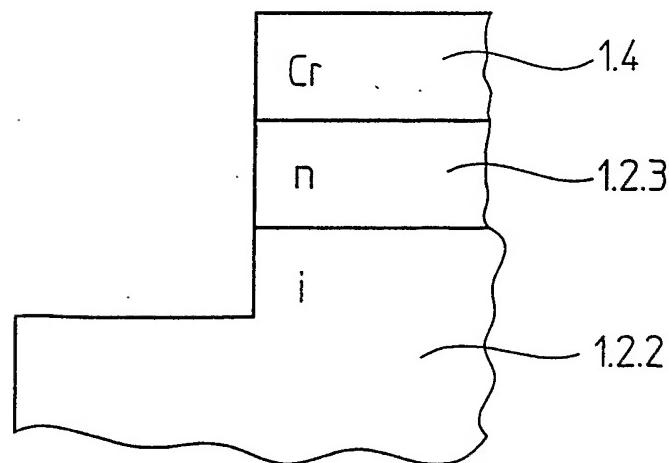


FIG. 2a

3/9

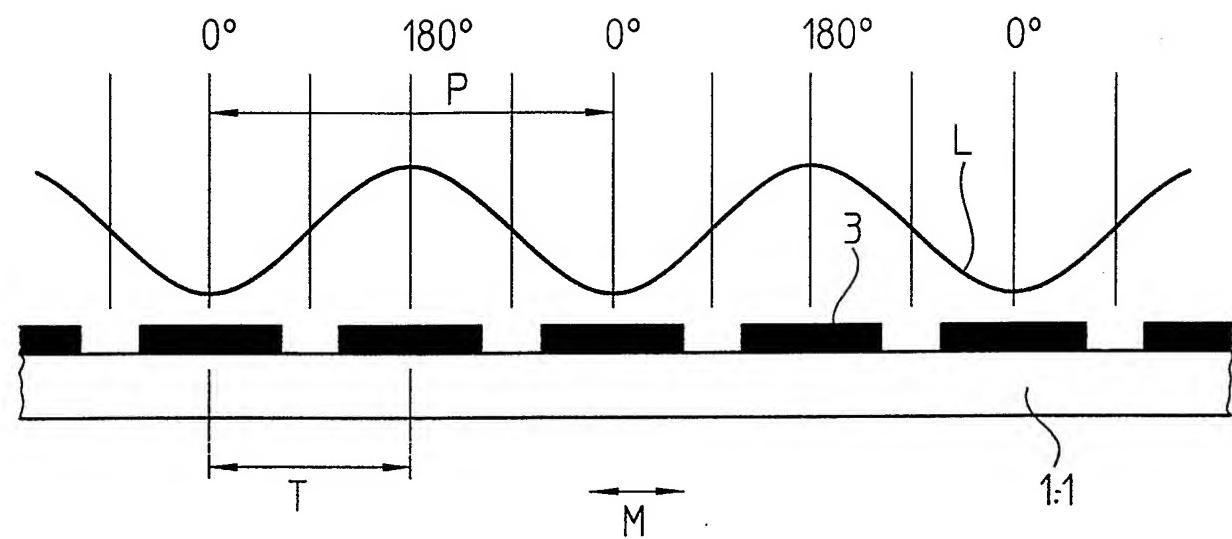


FIG. 2b

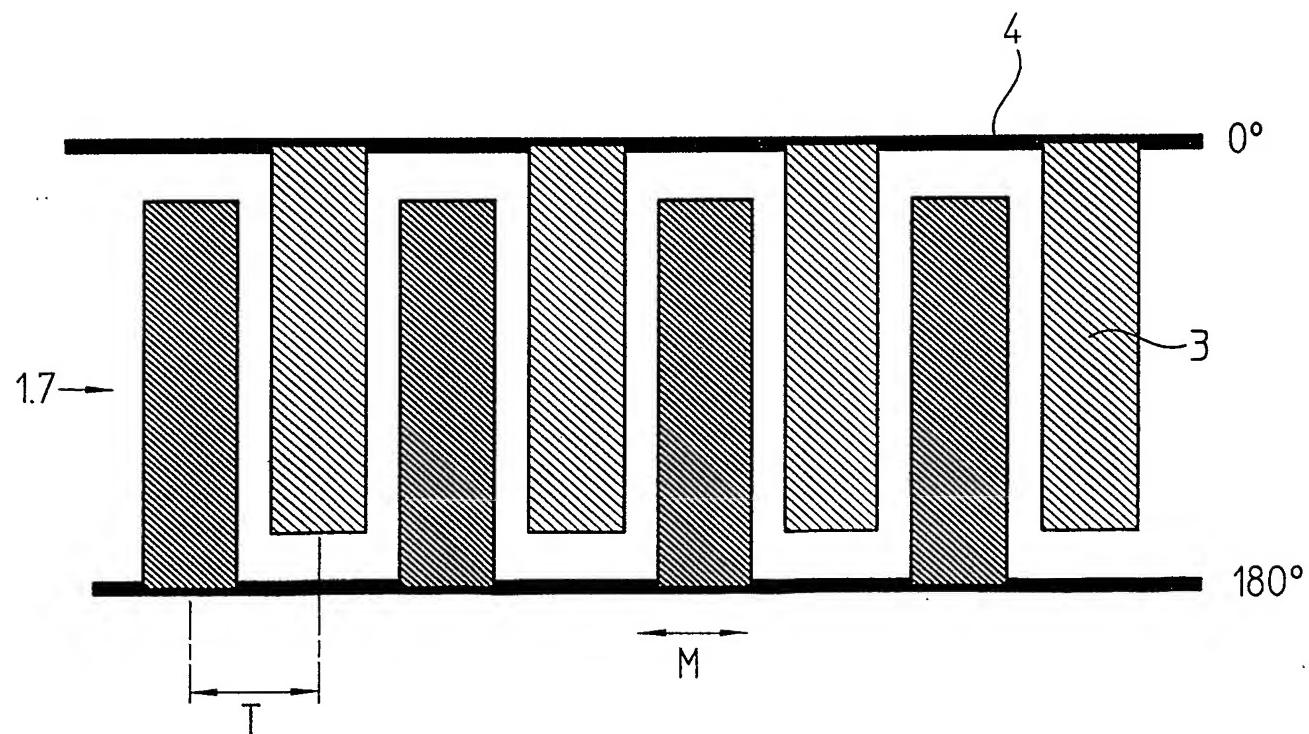
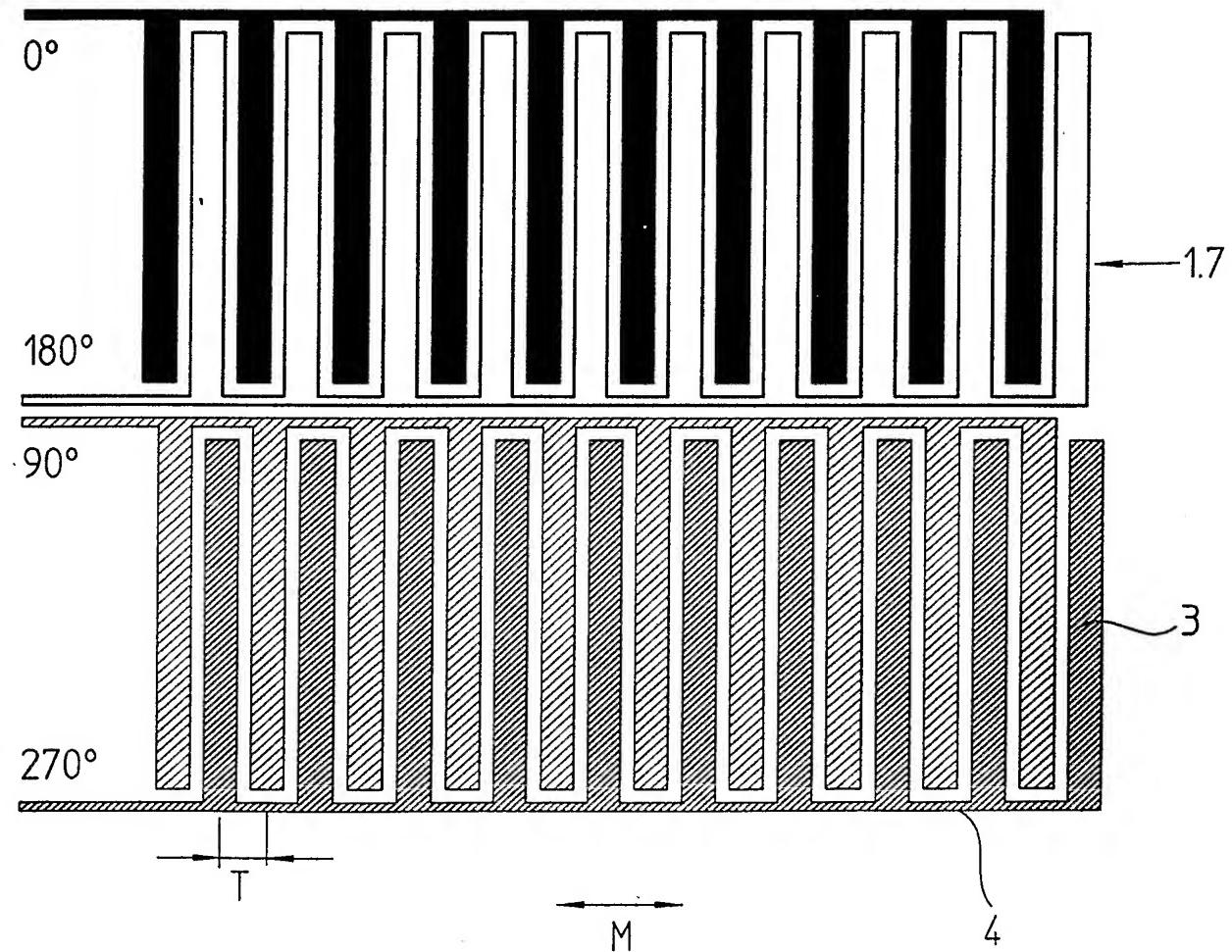


FIG. 2c

4/9



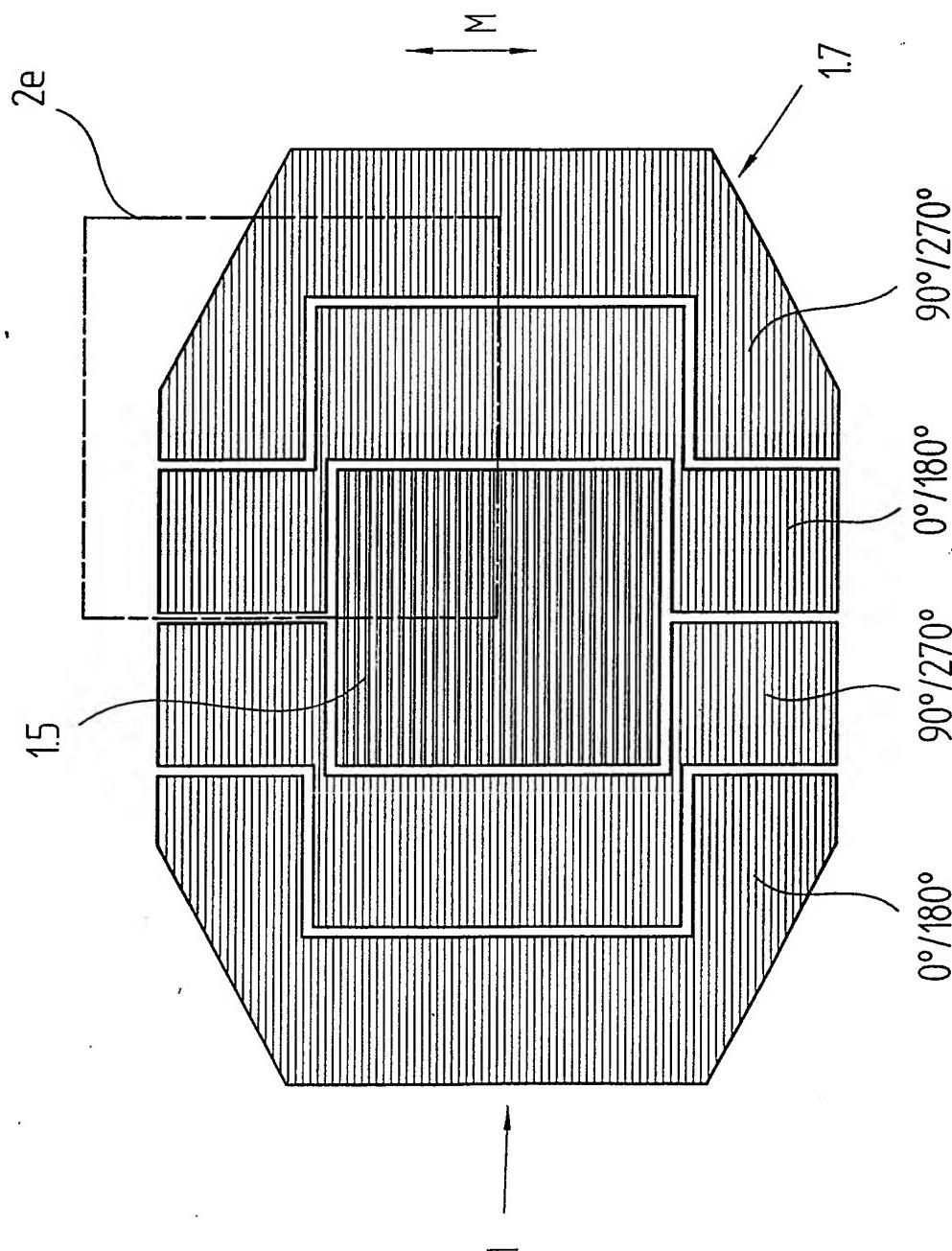


FIG. 2d

FIG. 2e

6/9

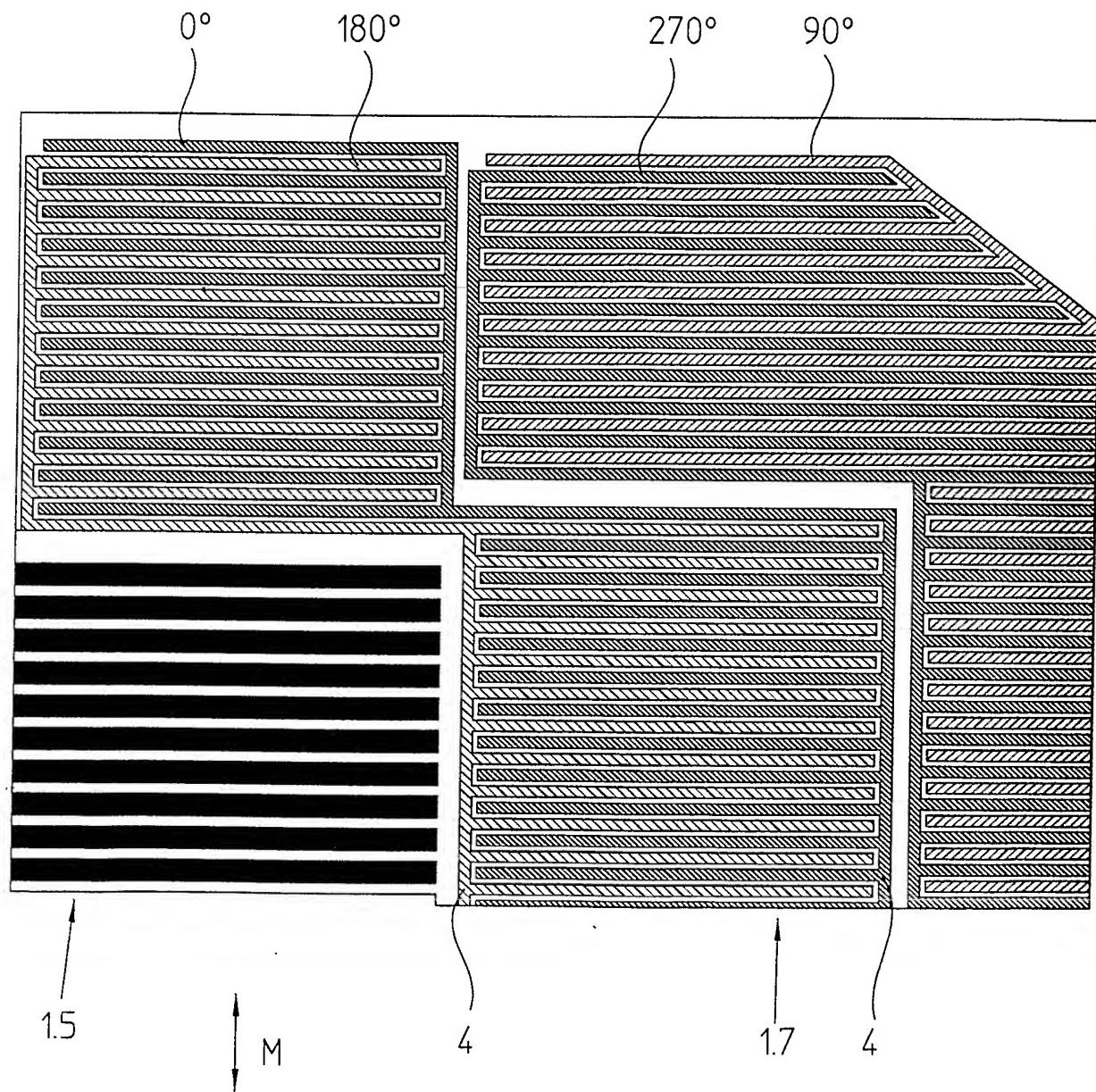


FIG. 3a

7/9

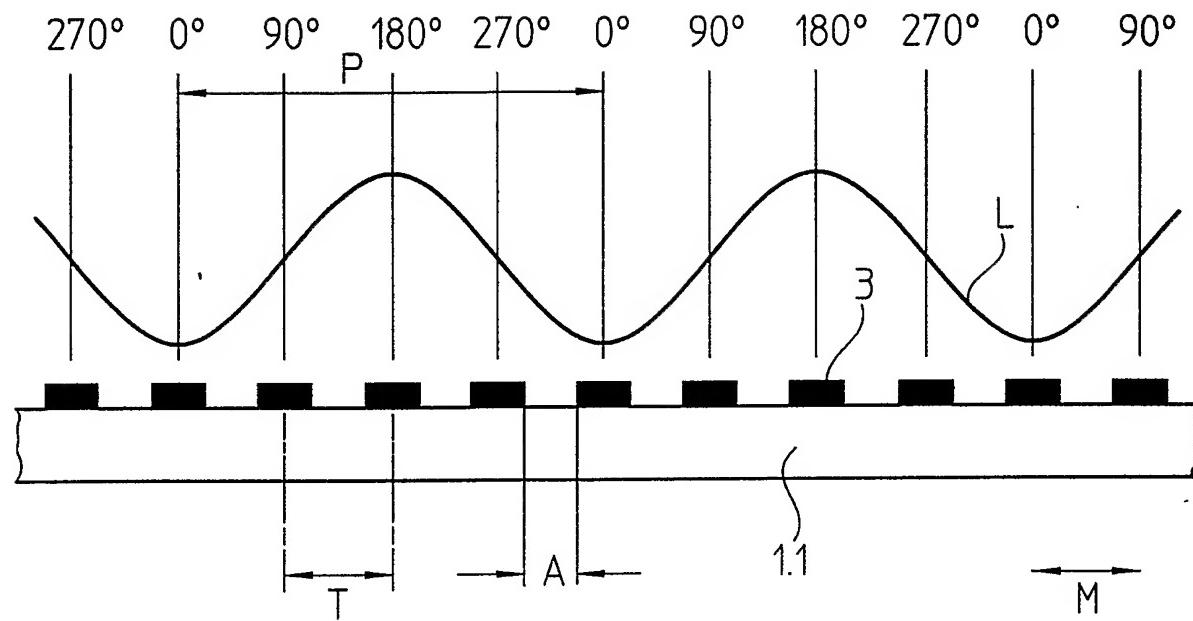


FIG. 3b

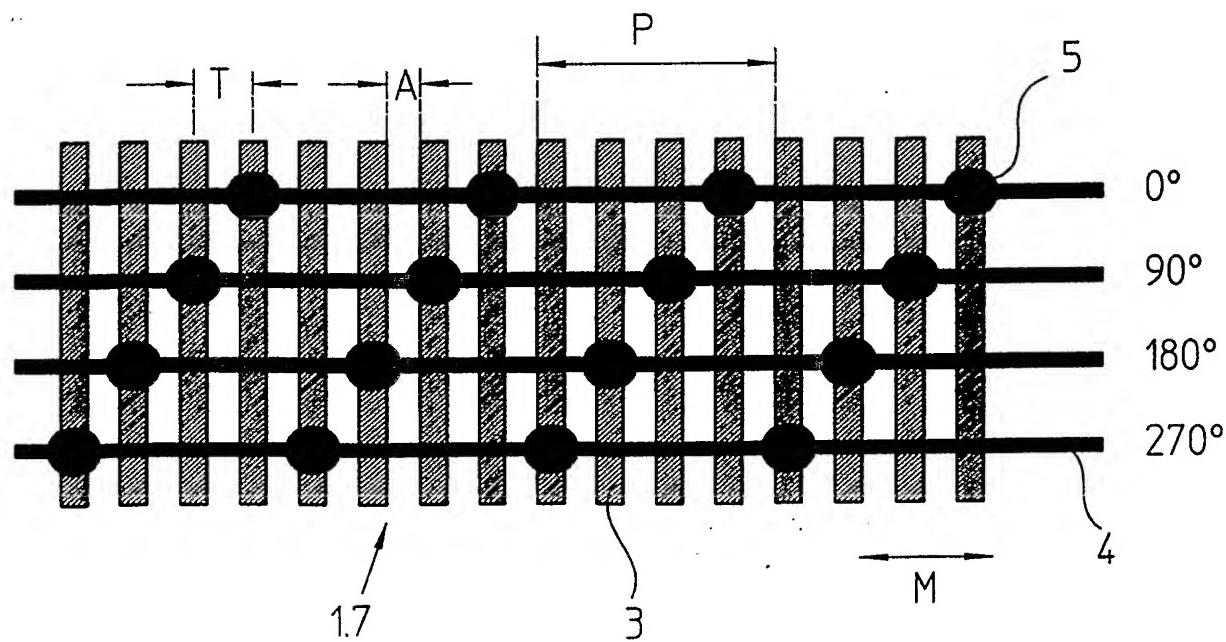
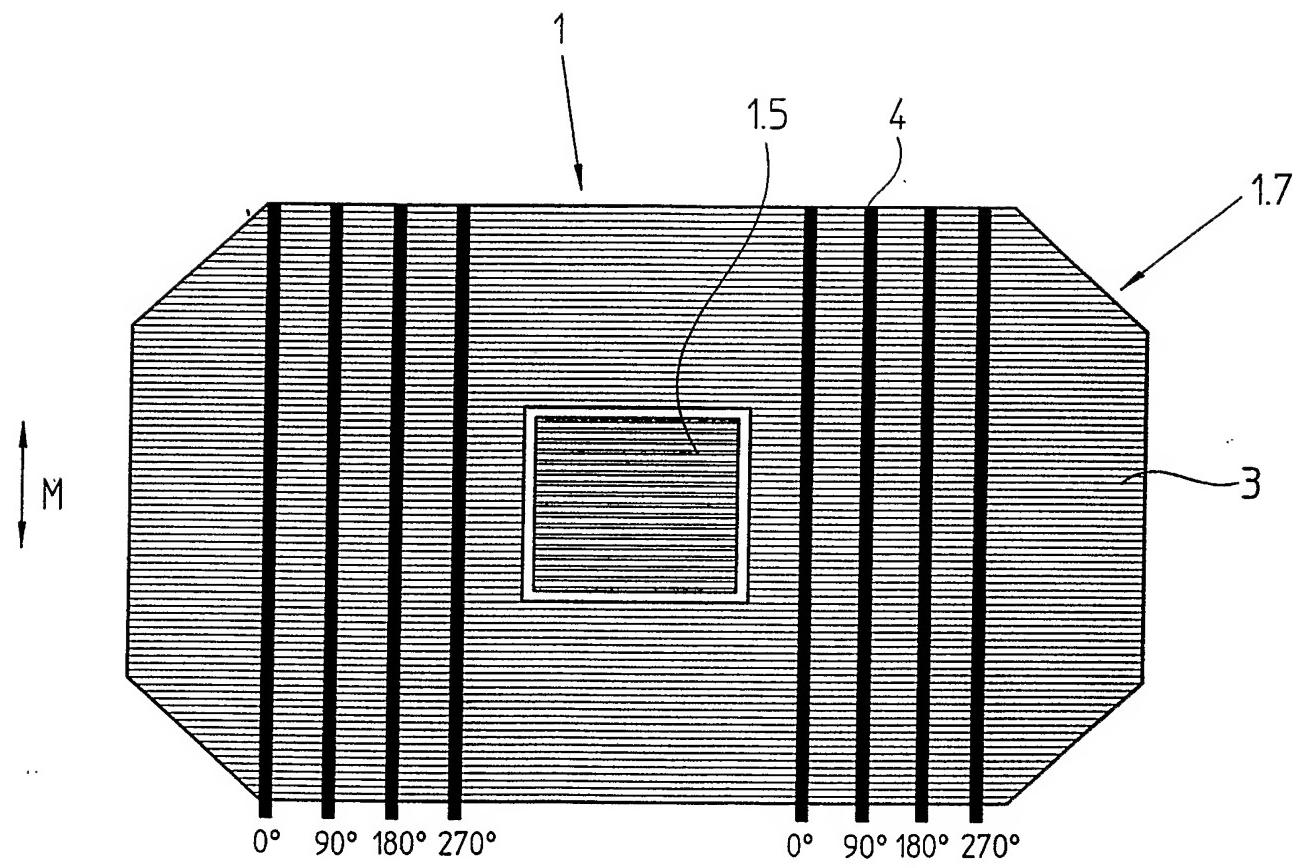
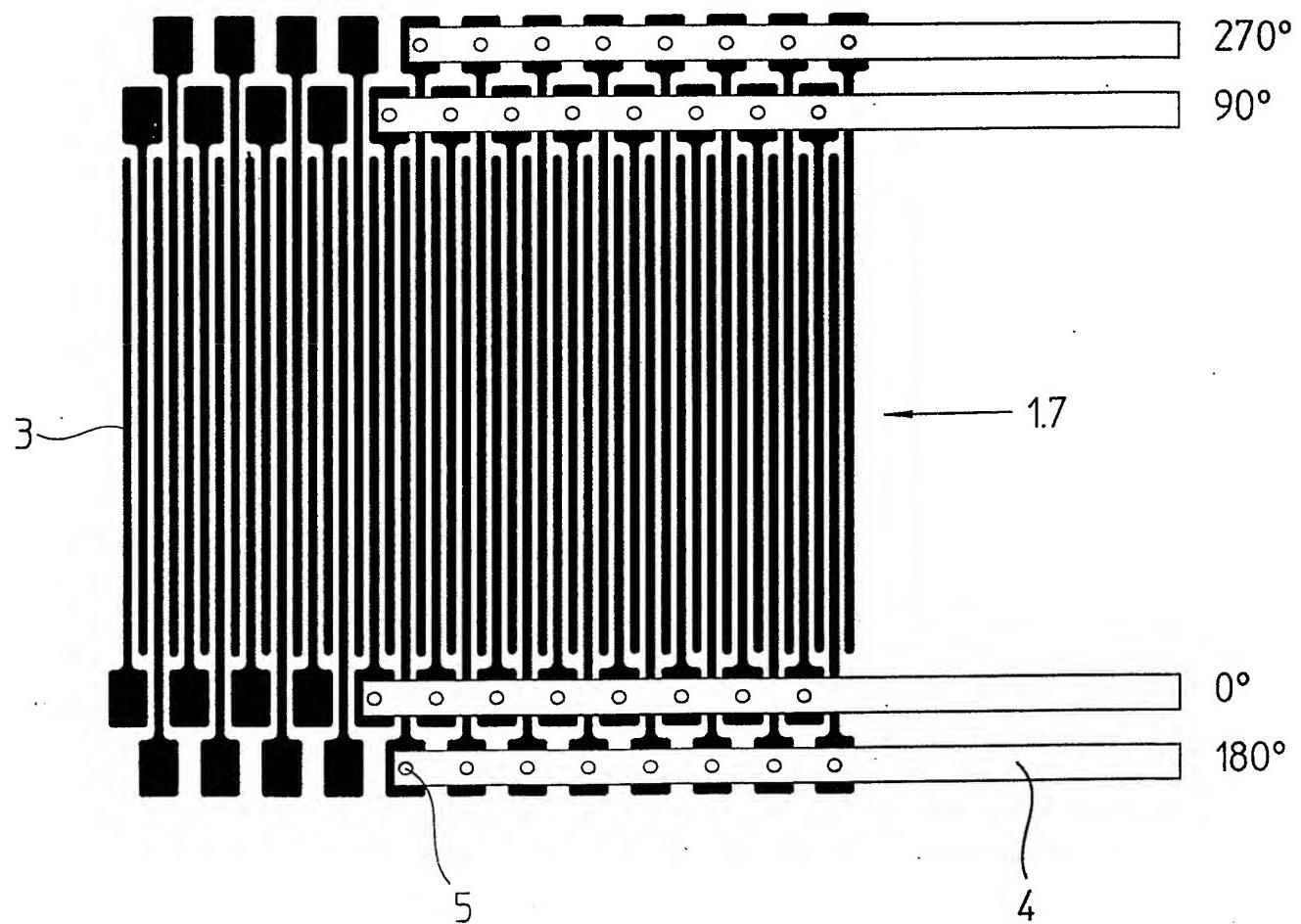


FIG. 3c

8/9





Zusammenfassung

Abtastkopf für optische Positionsmeßsysteme

=====

Es wird ein Abtastkopf für ein optisches Positionsmeßsystem beschrieben, mit einem aus photoempfindlichen Bereichen (3) gebildeten Empfangsgitter (1.7) zum Abtasten von örtlich intensitätsmoduliertem Licht unterschiedlicher Phasenlage. Das Empfangsgitter (1.7) ist aus einem Halbleiterschichtstapel 5 (1.2), bestehend aus einer dotierten p-Schicht (1.2.1), einer intrinsischen i-Schicht (1.2.2) und einer dotierten n-Schicht (1.2.3) gebildet. Die einzelnen photoempfindlichen Bereiche (3) haben eine erste dotierte Schicht (1.2.1) und zumindest einen Teil der intrinsischen Schicht (1.2.2) gemeinsam und sind durch Unterbrechungen der zweiten dotierten Schicht (1.2.3) elektrisch 10 voneinander getrennt. (Figur 1b)

